苗栗以北地區水田土壤肥力測定結果之研究[1]

陳　春　泉[2]

一、前　　言

本省水田土壤肥力測定(1)，過去盆栽試驗，有效磷之速測，用 Sunder, Olsen 及 Bray's No. 1 諸法；有效鉀之速測，採醋酸銨法及 Mehlich 法，皆可應用。關於磷之相關係數爲 0.40 至 0.96，對於鉀自0.08至0.95，絕大部分相關達 1 %顯著度，乃用 Bray's No.1 法以測磷，Mehlich 法以測鉀。又田間試驗粘板岩冲積土、砂岩、頁岩冲積土及紅壤，相關多達 1 %顯著度。

因過去試驗地點全省僅有一百餘處，尙欠普遍，乃自民國55至57年（1966～68）間，由農復會補助款項，分由高雄、新竹及臺北等改良場，在其轄區內，每期作各試驗20處。其中苗栗以北地區各試驗地（宜蘭在外）共109處，已作土壤剖面調查。爲明瞭土壤種類與土壤肥力之關係，將此109處資料，加以整理，統計相關係數164種，以探討各種土壤特性對土壤肥力特性之影響情形，報告於下。

二、試驗方法

（一）田間試驗

1.處理 (1) NP_0K_2　(2) NP_1K_2　(3) NP_2K_2　(4) NP_2K_1　(5) NP_2K_0。

2.肥料用量 N 一期作用 110kg/ha　二期作用 94kg/ha，施用硫酸銨。P_0 K_0 不施磷鉀。P_1K_1, P_2O_5, K_2O 各爲36kg/ha。P_2K_2, P_2O_5, K_2O 各爲 72kg/ha 。

施肥法與一般試驗相用。

3.田間排列隨機排列，重複 2 次。

（二）土壤速測

1.有效磷 Bray's No.1 法。

2.鉀 Mehlich 法。

3.土樣之採取於第一期整地前取樣，每一試驗地採 0～20 公分深度之表土20點，混合爲一個土樣；第二期作不再取樣，於第一期作各小區原處，施肥繼續試驗。

（三）土壤分類

到試驗地鑽探土壤剖面，深度 90cm；調查土壤母質、剖面質地、排水及其他環境因子，再依土壤性質分爲下列各類：

1.冲積土

（1）砂頁岩冲積土　此種土壤，大部分分佈於苗栗縣及臺北縣；新竹縣爲數甚少。臺北縣淡水以北沿海有 3 處，爲安山岩母質及風砂，合併於此。又在樹林及板橋一帶含有少量之粘板岩物質。

A.中質地及中細質地深層土壤，排水尙佳。剖面內具銹斑，一部分排水較佳，土色較黃，銹斑較少。

B.粗質地深層土壤，排水尙佳，全剖面爲壤質砂土至砂質壤土。

C.中質地深層土壤，排水不完全。土壤剖面下部淡灰，灰至灰藍；表土具有銹斑。

1.農試字第四九六號

2.臺灣省農業試驗所技正

D.中質地淺層土壤，排水佳，土壤剖面深度 <50cm 。

E.中質地淺層，排水不完全。剖面下部近似 C 項土壤，但深度<50cm。僅有二處試驗地如此。

F.粗質地淺層土壤，排水佳。剖面深度 <50cm 。亦僅有二處試驗地如此。

（2）紅壤母質冲積土　紅壤臺地之谷地內，由臺地紅壤物質冲積而成，或則爲紅壤已被取作磚瓦，殘存其下之灰白色中粗質地物質；或則在較低臺地上，中質地土壤，表土暗灰，底土灰白。本類土壤包含有中質地及粗質地、深層、淺層，排水尙可及排水不完全諸種。當依土壤之深度、質地及排水等分別統計時，則分別歸於 B. D. E. F. 等類中，當其以紅壤母質統計時、則不考慮土壤深度、質地及排水等特性。

2.紅黃壤

（1）紅壤

中壢及桃園系(4)　土壤剖面紅色，質地細。中壢剖面不具黃色層，表土灰黃，作水田利用不甚久。桃園系亞表土爲黃棕色，其下爲紅色，表土灰至灰棕色，作水田利用甚久，排水亦不若中壢系之優良。因桃園系僅有試驗地三處，故合併於中壢系。

（2）黃壤

後湖系(4)　洪積層臺地，紅壤母質，質地細，心土黃棕，夾以外圍紅色，中心爲極暗棕色之核，表土色灰棕，地勢一般近似桃園系，爲早期之較低窪地，排水雖佳，但雙季稻地區則有剖面上部排水不良之現象。有時於田之後側，聚有由上一田塊滲濾而下含有鐵質之水，對水稻生長似有不良影響。此種土壤，可能有某種問題値得硏究，設法補救裨利增產。三峽有一處由砂頁岩冲積土形成之黃壤，亦列入於本土系之內。

（3）紅黃壤新水田　中壢系或後湖系，過去爲旱作或茶園，最近始轉作爲水田，表土色黃，可由肉眼辨認。因其對磷肥之反應比較特殊，乃再予統計分析，以探討其肥力特性。

三、測定結果

（一）各種土壤有效磷、鉀與水稻產量百分率之相關

依上述各地區、各土壤種類、年份以及期作，加以統計，其相關係數列於表一、及表二。

表一　各種土壤有效磷與水稻產量百分率相關係數

Table 1. Correlation coefficient between available phosphorous and percent yield response of rice on various soils

年期 Year	期作 Cropseasons	r / N	冲積土 Alluvial: 新竹場 Hsinchu	冲積土 Alluvial: 臺北場 Taipei	冲積土 Alluvial: 臺北+新竹 Taipei + Hsinchu	紅黃壤 Red (or Yellow) Earth: 紅壤母質 Red soil material	紅黃壤 Red (or Yellow) Earth: 全部 Total	紅黃壤 Red (or Yellow) Earth: 後湖系 Houhu series	紅黃壤 Red (or Yellow) Earth: 中壢系 Chungli series
民國55年 (1966)	1	r	0.012	0.7678	0.1476	0.6008	0.3247	− 0.318	0.0000
		N	8	3	11	5	16	8	4
	2	r	*△ 0.8282	0.0361	0.1024	0.3621	0.2398	0.4929	0.8782
		N	6	3	9	5	14	8	6
民國56年 (1967)	1	r	0.4366	0.7576*	0.5585*	0.9455**	0.5682**	△ 0.6139	0 7114
		N	7	6	13	4	17	7	4
	2	r	0.3487	△ 0.8094	0.3803	0.9329*	0.5491	0.5155	併於55年
		N	7	4	11	3	14	6	—

民國57年 (1968)	1	r	0 7719**	0.7154*	0.6795**	0.9677**	0.7234**	0.4107	0.4886
		N	8	8	16	4	20	3	7
	2	r	0.528	0.3982	0.4641	0.9997**	0.4978*	0.0505	0.42
		N	8	6	14	3	17	3	8
民國55～57年 (1966～68) 全部 Total	1	r	0.2389	0.4151	0.4975**	0.7035**	0.5415** 0.2519	0.2984	0.3359
		N	23	17	40	13	53 36	18	15
	2	r	0.349	0.2108	0.3136	0.6445	0.1882 0.4385*	0.454*	0.3962
		N	21	13	34	11	45 32	17	14

註：55～57冲積土全部一行之下行爲新竹區之結果。

由表一、加以研究，磷之相關，紅壤母質冲積土情形最佳，相關係數可達0.9997之高，達1％顯著度之頻率最高，但紅黃壤本身之相關情形頗差，又將中壢系與後湖系相關情形加以比較，中壢比後湖情形爲佳，可見後湖系之干擾因子較中壢者爲多。臺北及新竹地區之一般冲積土，相關情形頗不理想，唯新竹加臺北地區三年合併統計，相關仍可達1％顯著度。

表二　各種土壤有效鉀與水稻產量百分率相關係數

Table 2. Correlation coefficient between available potassium and percent yield response of rice on various soils

年期 Year	期作 Crop seasons	r / N	冲積土 Alluvial: 臺北場 Taipei	冲積土 Alluvial: 新竹場 Hsinchu	冲積土 Alluvial: 新竹+臺北 Hsinchu + Taipei	紅黃壤 Red (or Yellow) Earth: 紅壤母質 Red soil material	紅黃壤: 全部 Total	紅黃壤: 後湖系 Houhu series	紅黃壤: 中壢系 Chungli series
民國55年 (1966)	1	r	0.4206	－ 0.980 **	0.2155	0.1489	0.1178	0.4475	－ 0.9236
		N	9	3	12	5	17	10	4
	2	r	－ 0.034	－ 0.3746	－ 0.1396	－ 0.3005	－ 0.2116	0.5016	0.7615*
		N	7	3	10	5	15	9	6
民國56年 (1967)	1	r	－ 0.4564	0.0552	－ 0.3108	0 369	0.1716	－ 0.2368	－ 0.0132
		N	6	6	12	4	16	7	4
	2	r	－ 0.0119	0.7033	0.4633	0.9935**	0.5476**	－ 0.8569	併於55年
		N	7	5	12	3	15	6	－
民國57年 (1968)	1	r	0.7107*	0.1327	△ 0.4559	0.5898	0.4658*	0.6924	0.0904
		N	8	8	16	4	20	3	7
	2	r	0.7446*△	0.1736	0.65**	0.8634*△	0.6501**	0.6664	0.7377**
		N	8	6	14	3	17	3	8
民國55～57年 (1966～68) 全部 Total	1	r	0.4146	0.1341	0.1719	0.217	0.1848 0.3247	0.3569	－ 0.0024
		N	23	17	40	13	53 36	20	15
	2	r	0.3154	0.6077*△	0.415*	0.1206	0.34* 0.2467	0.3938	0.7606**
		N	22	14	36	11	47 33	18	14

註：△接近5％顯著度*△接近1％顯著度。

冲積土全部各期，除三年合幷第二期作外，皆因少數紅壤母質冲積土之加入，相關係數爲之升高，尤其新竹地區三年合併第一期，由不顯著昇高爲5％顯著度。綜觀各種土壤，一、二期作之相關係數，除中壢系二期作較一期作爲高外，其他土壤，一般一期作較二期作爲高。

由表二、探討，鉀之相關較磷爲差；但三年合併，臺北地區，臺北加新竹地區，冲積土全部及中壢系，相關皆達顯著標準。然而紅壤母質冲積土，鉀之相關，遠較磷爲遜，且不比其他土壤爲佳。就全體言，鉀之相關較磷爲遜。再將一、二期作相關係數加以比較，28對一、二期作相關係數中，有19對二期作者較一期作者爲高。

表三　紅黃壤新水田有效磷、鉀與水稻產量百分率相關係數

Table 3. Correlation coefficient between available phosphorous or potassium and percent yield response of rice on new paddy field converted from upland of Red Earth

土系 Soil series	磷 Phosphorous				鉀 Potassium			
	一期 1st crop season		二期 2nd crop season		一期 1st crop season		二期 2nd crop season	
	r	N	r	N	r	N	r	N
1966～1968								
後湖系 Houhu series	0.6695	3	0.8745*	3	0.9924**	3	0.9624**	3
中壢及桃園系 Chungli & Touyen series	0.7881*	5	0.7406*	6	− 0.089	5	0.3896	6
合併 Total	0.7342*	8	0.6574*	9	0.6848*	8	0.6911*	9
1969								
新水田 New paddy	0.6107△	8	0.6835	5	0.7353*△	8	0.9217**	5
舊水田 old paddy	0 5319	7	0.1358	8	0.6275	7	0.0017	8
中壢系新舊水田合計 1969 Total	0.3728	15	0.3532	13	0.7757**	15	0.2693	13

註：△接近5％顯著度，*△接近1％顯著度。

(二) 紅黃壤新水田有效磷、鉀與水稻產量百分率之相關

表三所示，就後湖系及中壢桃園系言，二者合併，磷鉀與水稻產量百分率之相關，均達顯著標準，但後湖系一期磷及中壢系雙期鉀，相關均較差。又因表內58年(1969)中壢系舊水田，磷及鉀一、二期作相關均差，而新水田磷一期作相關接近顯著；鉀一、二期作相關均極顯著，乃使合併統計鉀一期作相關達極顯著標準，由是以觀，磷、鉀速測方法，對黃紅壤新水田，在應用上頗爲穩定可靠。

(三) 不同深度、質地及排水土壤磷、鉀與水稻產量百分率之相關。

表四　不同深度、質地及排水土壤磷、鉀與水稻產量百分率相關係數

Table 4. Soil depth, texture, and drainage and correlation of available phosphorous and potassium to percent yield response of rice

土壤種類 Soils	磷 Phosphorous 一期 1st crop seasen r	N	二期 2nd crop searon r	N	鉀 Potassium 一期 1st crop seasen r	N	二期 2nd crop season r	N
Ⅲ淺層排水良冲積土 Moderately drained alluvial	0.7799*	7	0.5085	7	0.1685	7	0.1311	7
紅壤母質 Red soil material	0.8848*	4	0.6744	4	0.8014*	4	0.6368	4
砂頁岩母質 Sandstone & shale meterial	0.7013	3	0.4579	3	− 0.0465	3	0.2998	3
Ⅴ砂壤排水良冲積土 Moderately drained sandy alluvial	0.6968*	8	0.5325	8	0.3878	8	0.5734	8
紅壤母質 Red soil material	0.8307*	4	0.7411	4	− 0.9555**	4	− 0.2505	4
砂頁岩母質 Sandstone & shale material	0.7460	4	0.1387	4	0.8972*	4	0.9644**	4
Ⅷ排水不完全冲積土 Imperfectly drained alluvial	0.4784	9	0.5099	5	− 0.1449	8	0.0314	5
Ⅳ淺層 Shallow, Ⅱ淺層砂質 Shallow sandy, Ⅵ砂質 Sandy } 排水不完全冲積土 Imperfectly drained alluvial	0.5053	3	− 0.0554	5	0.9108*	3	− 0.036	5
Ⅳ＋Ⅴ排水良冲積土 Moderately drained alluvial	0.7625*	7	0.0161	7	0.4259	7	0.8163**	7
Ⅷ＋ⅡⅣⅥ排水不完全冲積土 Imperfectly drained alluvial	0.3904	12	0.3144	10	0.0104	11	0.1119	10

就三年試驗地點中，不分地區與年份，將深度與質地、排水相近之土壤，分別併爲類，再依母質分類，相當於不同土系，其試驗點數太少者，將某種特性相同之數個土系，合併爲一組，加以統計分析，結果列於表四。

表四內相關係數，關於磷之相關，以砂頁岩母質者加以比較，一期作排水良之Ⅲ及Ⅴ比排水不完全之Ⅷ、Ⅱ、Ⅳ、Ⅵ相關較佳，但皆不達顯著度。此二類土壤之係數，與表一，新竹加臺北三年合併之相關係數比較，亦有遜色，但就鉀之相關係數與表二，新竹加臺北三年合併之相關係數加以比較，砂質土壤稍優，非砂質土壤則反是。

(四) 各種土壤磷、鉀臨界值

就表一至表四，各相關係數凡達顯著標準者，加以計算相關方程式，並依方程式繪製簡單直線相關圖如圖一至圖五，並演算水稻施用磷、鉀肥之臨界值，列於表五及表六。磷之臨界值，大略可分爲200～300、100～200及60～100三類，其順序爲屬於冲積土、紅黃壤及紅黃壤新水田者。

表五 各種土壤有效磷與水稻產量百分率直線相關方程式、土壤有效磷臨界值（55～57年合併統計者）

Table 5. Correlation coefficient and critical value for P_2O_5 of different soils (1966～68)

土壤種類 Soils	期作 Crop seasen	N	相關係數 Correlation Coefficient	相關方程式 Equation	臨界值 Critical value (kg/ha)	備考 Remarks
臺北＋新竹地區冲積土 Taipei＋Hsinchu alluvial	1	40	0.4975**	y＝88.37＋0.0215x	307	不包括紅壤母質
	2	34	0.3136	y＝90.98＋0.0116x	(344)	
紅壤母質冲積土 Red soil materid alluvial	1	13	0.7035**	y＝87.23＋0.0313x	249	
	2	11	0.6445*	y＝87.65＋0.0258x	282	
新竹地區冲積土 Alluvial of Hsinchu region	2	32	0.4385*	y＝90.12＋0.0168x	291	包括紅壤母質
冲積土全部 Alluvial, Total	1	53	0.5415**	y＝87.45＋0.029x	293	包括臺北新竹及紅壤母質
	2	45	0.1882	y＝91.33＋0.0066x	(560)	
紅壤後湖系 Yellow Earth, Houhu series	2	17	△ 0.454	y＝78.87＋0.0752x	(214)	
新水田後湖系 New paddy, Houhu series	2	3	0.8745*	y＝79.4＋0.1671x	93	
新水田中壢系 New paddy, Chungli series	1	5	0.7881*	y＝42.91＋0.8713x	60	
	2	6	0.7406*	y＝65.94＋0.1955x	148	
新水田全部 Total (New paddy)	1	8	0.7342*	y＝43.78＋0.6094x	83	
		{ 8	0.8374**	y＝28.53＋31.1806 logx	(135) }	
	2	9	0.6574*	y＝66.34＋0.188x	152	
III淺層排水良冲積土 Moderately drained shallow alluvial	1	7	0.7799*	y＝90.78＋0.0149x	295	砂頁岩冲積土3個
紅壤母質 Red soil material	1	4	0.8848*	y＝91.27＋0.0124x	298	
V砂質排水良冲積土 Moderately drained sandy alluvial	1	8	0.6968*	y＝85.81＋0.0295x	312	砂頁岩冲積土4個
紅壤母質 Red soil material	1	4	0.8307*	y＝80.17＋0.0944x	146	
IV＋V淺層土＋砂質冲積土 Shallow alluvial＋sandy alluvial	1	7	0.7625*	y＝88.68＋0.0198x	318	僅採砂頁岩母質者

表六 各種土壤有效鉀與水稻產量百分率、直線相關方程式及土壤有效鉀臨界值55～57三年合併統計者)

Table 6. Correlation coefficient and critical value for K_2O of different soils (1966～68)

土壤種類 Soils	期作 Crop seasons	N	相關係數 Correlation coefficient	相關方程式 Equation	鉀臨界值 Critical value (kg/ha)	備考 Remarks
臺北地區冲積土 Taipei alluvial	2	14	0.6077*△	y=85.44+0.0564	170	
新竹+臺北地區冲積土 Hsinchu & Taipei alluvial	2	36	0.415**	y=88.68+0.0316x	200	不包括紅壤母質
冲積土全部 Total(alluvial)	2	47	0.34*	y=89.77+0.025x	208	包括紅壤母質
紅壤中壢系桃園系 Red Earth, Chungli and Touyen series	2	14	0.7606**	y=82.3+0.0706x	180	
黃壤新水田(後湖系) New paddy (Houhu series)	1	3	0.9924**	y=87.26+0.0556x	138	
	2	3	0.9624**	y=83.44+0.0587x	187	
紅黃壤新水田全部 New paddy (Total)	1	8	0.6848*	y=90.14+0.0393x	127	
	2	9	0.6911*	y=83.63+0.0579x	147	
Ⅲ淺層紅壤母質冲積土 Shallow alluvial of red soil material	1	4	0.8014*	y=95.31+0.044x	0	
Ⅴ. 砂質冲積土 Sandy alluvial	1	8	0.3878	y=92.54+0.0158x	(158)	
砂頁岩母質 Sandstone & shale alluvial	1	4	0.8972*	y=87.5+0.0324	231	
Ⅵ. 砂質排水不良冲積土 Imperfectly drained sandy alluvial	1	3	0.9108*	y=87.6+0.0697x	106	
Ⅲ+Ⅴ淺層+砂質排水良冲積土 Moderately drained shallow alluvial & sandy alluvial	2	7	0.8163**	y=87.59+0.0231x	320	

註：( ) 內數值爲相關不顯著者

就方程式之 a 值加以比較，表五、各種冲積土，87～91%，但砂質冲積土爲85%，砂質紅壤母質冲積土爲80%；後湖系爲79%，中壢系62%，新水田後湖系79%，新水田中壢系43%，全部新水田合計一期爲43%，二期爲66%，二期數值皆較一期爲高。此數值愈低者，即示土壤有效磷含量低時，磷肥效果愈爲顯著。再查表六、之 a 值及同表鉀之臨界值皆在100～200之間，其數值較小者爲紅黃壤新水田，淺層紅壤母質冲積土及砂質排水不良冲積土。至其 a 值以中壢系二期82%，後湖系新水田二期83%，及紅黃壤新水田二期83%等爲低，餘者自85至89%，且一般二期較一期爲低，適與磷之情形相反。

(五) 各種土壤各級有效磷、鉀量之水稻產量百分率平均值：

依各種土壤之各級有效磷、鉀範圍，將水稻實際產量百分率加以平均，結果列於表七、至表十、。表內平均百分率下，凡加有「括號」之數字，爲該土壤之臨界值。

表七、各種土壤各級 P_2O_5 量之水稻產量百分率平均值

Table 7. Levels of available phosphorous and average percent yield response of rice

P_2O_5 (kg/ha)	期作 Crop seasons	冲積土 Alluvial: 新竹 Hsinchu Po/Px 100	N	冲積土 Alluvial: 臺北 Taipei Po/Px 100	N	冲積土 Alluvial: 紅壤母質 Red soil material Po/Px 100	N	紅(黃)壤 Red (Yellow) Earth: 後湖系 Houhu series Po/Px 100	N	紅(黃)壤 Red (Yellow) Earth: 中壢系 Chungli series Po/Px 100	N	紅(黃)壤 Red (Yellow) Earth: 新水田 New paddy Po/Px 100	N	冲積土 Alluvial: 淺土 Shallow soil Po/Px 100	N
0～23	1	—		85.07 ± 3.68	3	93.5	1	94.6	1	99.1	1	43.73 ± 31.51	3	—	
	2	—		93.9 ± 8.34	2	91.8	1	62.45 ± 49	2	—		62.6 ± 18.62	4	96.8	1
24～58	1	85.41 ± 11.46	11	86.4 ± 3.96	4	88.4 ± 5.75	6	86.8 ± 10.66	4	87 ± 8.34	2	84.5 ± 4.53	2	91.25 ± 1.63	2
	2	86.43 ± 8.07	6	90.73 ± 5.87	3	88 ± 7.37	5	92.25 ± 2.21	4	87 ± 6.08	4	82.67 ± 13.02	3	84.3 ± 0.28	2
59～115	1	90.78 ± 1.81	4	93.72 ± 2.72	5	91.2	1	88.05 ± 7.02	2	92.65 ± 4.73	4	—		—	
	2	92.67 ± 1.46	3	92 ± 4.81	2	88.5	1	93.1	1	91.8 ± 1.56	2	94.4	1	92.2	1
116～200	1	94.93 ± 1.65	3	95.2	1	94.1 ± 0.99 (249)	2	92.06 ± 5.56	4	95.2 ± 1.56	2	— (183)		—	
	2	97.47 ± 1.19	3	92.5 ± 0.85	2	93	1	— (214)		92.15 ± 5.16	2	— (152)		—	
200～300	1	93.4 (307) (292)	1	—		95.75 ± 2.62	2	92.17 ± 8.83	2	—		—		89.6	1
	2	98.1 (291) (344)	1	—		95.45 ± 1.34 (282)	2	—		93.9	1	98.7	1	87.1	1
300～400	1	102.89	1	91.4	1	—		—		—		—		—	
	2	96.8	1	94.8	1	—		—		—		—		—	1
> 400	1	91.4 ± 7.92	2	102.9	1	97.6	1	—		99.2	1	—		101	1
	2	96.4	1	95.4	1	99.9	1	—		—		—		95.2	

下行（　）內爲臨界值。

表八、各種土壤各級有效 K_2O 量之水稻產量百分率平均值

Table 8. Levels of available potassium and average percent yield response of rice

K_2O (kg/ha)	期作 Crop seasons	冲積土 Alluvial						紅(黃)壤 Red (yellow) Earth						冲積土 Alluvial	
		新竹場 Hsinchu		臺北場 Taipei		紅壤母質 Red soil material		後湖系 Houhu series		中壢系 Chungli series		新水田 New paddy		淺土 Shallow soil	
		Ko/Kx 100	N	Ko/Kx 100	N	Ko/kx 100	N	Ko/Kx 100	N	Ko/Kx 100	N	Ko/Kx 100	N	Ko/Kx 100	N
0～23		—		—		—		—		—		—		—	
24～58	1	99.95 ± 2.89	2	89.3	1	100	1	96.98 ± 4.38	5	95 ± 6.14	3	—		94	1
	2	—		89.8	1	97.2	1	94.75 ± 3.97	4	80.6	1	—		91.6	1
59～115	1	94.39 ± 4.73	11	94.4 ± 6.29	7	69.97 ± 2.22	6	95.84 ± 7.3	7	97.35 ± 3.75	2	94.65 ±2.79	4	96.6 ± 1.13	2
	2	92.06 ± 5.92	11	91.05 ± 2.62	6	92.38 ± 5.99	5	89.37 ± 6.2	7	88.6	1	90.16 ± 6.21	5	91.77 ± 3.46	3
116～200	1	96.36 ± 1.93	8	91.04 ± 3.58	5	92.05 ± 0.21	2	96.4 ± 3.42	3	97.03 ± 0.41	3	93.7 ± 3.21 (127)	3	90.8	1
	2	93.77 ± 3.07	7	90.5 ± 3.93 (170)	4	92.05 ± 2.76	2	98.05 ± 0.35	2	96.97 ± 0.9 (180)	3	89.8 ± 1.64 (147)	3	88.6	1
		(200) [Hsinchu + Taipei]													
		(208) [Hsinchu + Taipei + Red soil material]													
200～300	1	—		91.75 ± 0.07	2	100.57 ± 4.47	3	—		94.7 ± 0.85	2	102.9	1	—	
	2	—		106.5	1	95.77 ± 2.93	3	—		98.33 ± 1.81	3	100.2	1	94.8	1
300～400	1	99.1	1	—		97.6	1	—		—		—		—	
	2	96.3	1	—		—		—		—		—		—	

下行（　）內爲臨界值。

表九、不同深度、質地排水土壤各級有效 P_2O_5 量及水稻產量百分率平均值

Table 9. Available phosphorous levels and average percent yield response of rice for soils different in depth, texture and drainage

P_2O_5 (kg/ha)	期作 Crop season	淺砂土 IIb Shallow sandy soil Po/Px100	N	淺土 IIIa Shallow soil Po/Px100	N	淺土 IVb Shallow soil Po/Px100	N	砂土 Va Sandy soil Po/Px100	N	砂土 VIb Sandy soil Po/Px100	N	不淺土 VIIIb Deeper soil Po/Px100	N
0~23	1	—		93.5	1	—		—		—		79.9	1
	2	—		91.8	1	—		—		—		—	
24~58	1	92.4	1	90.7 ±0 85	2	97.2	1	紅土 81.65 ±5.16 共 83.27 ± 4.6	2 3	87.7	1	86.37 ± 5.73	3
	2	84.5	1	90.5 ± 9.19	2	95	1	紅土 84.45 ±7.57 共 88.83 ±9.25	2 3	88.6	1	90.5 ± 2.4	2
59~115	1	—		—		—		紅土 91.2	1	—		96.5 ±0.57	2
	2	92.2	1	—		96.8	1	紅土 88.5	1	—		—	
116~200	1	—		—		—		95 ±0.28	2	—		84.3	1
	2	—		—		—		93.05 ±0.07	2	—		91.05 ±7.85	2
200~300	1	—		94.25 ±6.58 (295)	2	—		93.4 (312)	1	—		—	
	2	—		92.3 ±6.51	2	—		98.1	1	—		—	
300~400	1	—		—		—		—		—		102.8	1
	2	—		—		—		—		—		96.8	1
> 400	1	—		99.3 ± 2.4	2	—		97	1	—		—	
	2	—		97.55 ±3.32	2	—		96.4	1	—		—	

註：a.排水佳　b.排水不完全
下行（　）內爲臨界值。

Notes: a. Moderate drainage b. Imperfect drainage
In (　) being tbe critical value

表十、不同深度、質地及排水土壤各級有效 K_2O 量之水稻產量百分率平均值

Table 10. Available potassium levels and average percent yield response of rice for soils different in depth, texture and drainage

K_2O (kg/ha)	期作 Crop season	淺砂土 IIb Shallow sandy soil		淺土 IIIa Shallow soil		淺土 IVb Shallow soil		砂土 Va Sandy soil		砂土 VIb Sandy soil		不淺土 VIIIb Deeper soil	
		Ko/Kx100	N	Ko/Kx100	N	Ko/Kx100	N	Ko/Kx100	N	Ko/Kx100	N	Ko/Kx100	N
0～23		—		—		—		—		—		—	
24～58	1	—		紅土 97 ± 8.24	2	—		—		—		84.3	1
	2	—		紅土 94.4 ± 3.96	2	—		—		—		—	
59～115	1	95.8	1	97.7 ± 0.42	2	—		紅土 98.3 ± 1.7 其他 91.6 ± 4.3 共 94.28 ± 4.84	2 3 5	93.8	1	95.48 2.04	5
	2	92.5	1	90.8 ± 3.96	2	94.8	1	紅土 92.45 ± 3.18 其他 88.17 ± 4.01 共 89.88 ± 4.01	2 3 5	91.6	1	91.55 ± 6.76	6
116～200	1	—		90.8	1	98.3	1	93.2 ± 1.84 (158)	2	—		—	
	2	94.8	1	88.6	1	89.9	1	91.8 ±2.4	2	—		—	
200～300	1	—		101.15 ± 6.15	2	—		—		—		91.8	1
	2	—		96.15 ± 4.03	2	—		—		—		—	
300～400	1	—		—		—		99.1	1	—		97.8	1
	2	—		—		—		96.3	1	—		88.8	1

(六) 水稻磷、鉀肥建議量：

肥料建議量當依試驗結果而定，而試驗次數愈多，建議量之價值愈高。但在衆多之資料中，如何

用以估計適宜之建議量，頗爲費事。如果吾人獲悉同一類土壤，當土壤有效磷、鉀達某種程度時，施肥則全無效果，換言之，即產量百分率爲 100% 時，此可由同一類土壤所得試驗結果，統計出相關方程式，依 $y=a+bx$ 式中，$\frac{y-a}{b}=x$ ，當 y 爲95時，可假定爲肥料要素用量之臨界值；但當 y 爲 100 時，則可假定爲施用該種肥料，已無增產可能，此數值，筆者暫定爲「充分值」，意指土壤中所含該種有效要素已達充分之程度。

吾人估計建議量時，尙需另一數值，那就是當土壤有效要素爲○時，施用多少肥料，始可獲得最高產量，而且此產量，必須爲該種土壤至目前可能達到之最高產量平均值，此一數值不易獲得，當試驗更多，時間更長時，當可獲得一近似值。幸而至今，全省數百個水田土壤肥力測定試驗，磷鉀之最高用量 72kg/ha （P_2O_5 或 K_2O）除土壤其他限制因子外，尙未發現 72kg 要素，有限制水稻產量之實例。至於此數值是否嫌高，尙難確定。故暫採72公斤爲普通土壤之最高施用量。

目前已知最特殊者，爲紅壤茶園轉作水田（本文簡新水田）之磷的問題，據試驗結果（3），土壤冲蝕少者， P_2O_5 80kg/ha 已足，但土壤冲蝕烈而不存原表土者，施用 P_2O_5 320kg/ha 者，產量最高，但仍比土壤佳者產量爲低。故對紅黃壤新水田言，暫定 P_2O_5 150kg/ha 爲最高需肥量。

土壤有效養分「充分值」（表十一內B）及最高施肥量（72kg/ha）估計後，則 72/B 暫定名「肥料當量」（表十一內 C ），意即相當於土壤有效養分一公斤之肥料要素量（單位公斤）。

表十一、各種土壤水稻磷鉀肥建議量計算表

Table 11. Recommendation of fertilizer for different soils

土壤種類 Soils	期作 Crop seasons	臨界值 Critical value (A) (kg/ha)	充分值 Sufficient value (B) (kg/ha)	肥料產量 Fertilizer equivalence (C) (kg/kg)	土壤各級有效要素施肥量(kg/ha) Recommendation of fertilizer for levels of available element (kg/ha)						
					23	58	115	200	300	400	>400
				P_2O_5							
臺北+新竹冲積土 Taipei+Hsinchu alluvial	1	307	540	0.133	69	65	57	45	37	19	19
	2	344	776	0.093	70	67	62	54	42	35	35
紅壤母質冲積土 Red soil material	1	249	408	0.179	68	62	52	41	19	1	
	2	282	476	0.151	69	64	55	42	27	12	
冲積土全部 Total (alluvial)	1	293	431	0.167	68	63	53	39	22	6	
	2	291	589	0.122	69	65	58	48	36	24	
黃壤後湖系 Yellow Earth Houhu series	1	214	280	0.257	66	57	43	21			
黃紅壤新水田 New paddy of Red (Yellow) Earth	1	(83 135	92 196	1.631 0.7653	109 133	55 106	62	62-0)			
	2	152	178	0.842	130	101	52	52-0			

K_2O

臺北區冲積土 Taipei alluvial	2	170	258	0.279	66	56	40	16			
新竹區冲積土 Hsinchu alluvial	2	200	357	0.201	66	61	49	32	12		
冲積土全部 Total (alluvial)	2	208	412	0.174	68	62	52	37	20	3	
紅壤中壢系 (期作下) Red Earth Chungli series	2	180	251	0.287	66	56	40	15			
紅黃壤新水田 New paddy of Red (and Yellow) Earth	1	127	252	0 285	66	58	39	15			
	2	197	281	0.256	66	57	43	21			

例 $\hat{y}=a+bx$　臺北+新竹區冲積土 $\hat{y}=88.37+0.0215x$

$$A=\frac{95-a}{b}=\frac{95-88.8}{0.0215}$$

$$B=\frac{100-a}{b}=\frac{100-88.3}{0.0215}$$

$$C=72\div B=72\div 540=0.133$$

$D=72-0.133\times 23=69$ (以58、115、200、300、400 / 65、57、45、37、19) 分別乘之等於下行 kg/ha 數字得

肥料當量估計後，以此數乘以實測土壤有效要素量（表十一之 CXD），即相當於土壤可供應之養分量，以72減去此量（72-CXD），即爲該種土壤各級有效養分量所需要之施肥量（要素 kg/ha）。但查表十一內紅黃壤新水田，二期作之 P_2O_5 之建議量比一期作爲高（該表紅壤新水田項上行）；再查表五新水田全部，當土壤有效磷爲○時（上行），一期作肥效較二期作超出甚多，故表十一內上行數值，其較二期作爲小，不大合理；乃因土壤有效磷甚低時，產量百分率甚低，則簡單直線相關之直線坡度變大，以致直線與產量百分率爲100之交點向左移，使與事實不符，然若以 Logx 與產量百分率統計相關係數時，則情形完全改觀，臨界值由 80kg/ha 變成 135kg/ha，而「充分值」爲 196kg/ha 而非 92kg/ha（表十一），且相關達 1 %顯著度（表五）。故當估計肥料建議量時，如以 Logx 統計之相關係數較以 x 計算者爲高時，當取前者之方程式較後者爲合宜。

關於實際建議量，當試驗精確度高且土壤間差異明顯時，當以當地各種土壤試驗結果爲依據。但查55至57年（1966～68）各試驗，各種土壤之試驗結果，年間及期作間時有變化，各地區及各土壤間之差異，無法確定，僅就差異較大者，加以分開，列於表十二。該表凡數種土壤合併者，則自表十一內選出中數，以爲代表。

查表十一內各數値，凡土壤可以合併者，臨界值之差數並不太大。故表十二內各肥料建議量，用於苗栗以至臺北各種水田，尙可適用。

表十二、各種土壤有效磷鉀量與水稻磷鉀肥建議量

Table 12. Levels of available phosphorous and potassium and recommended fertilizer for soil groups

土壤有效 P_2O_5 或 K_2O Available P_2O_5 or K_2O kg/ha	產量百分率平均值 Average percent yield response (%)	可能增產值 Possible response (%)	建議施肥量 Recomended fertilizer (kg/ha)	臨界值 Critical value (kg/ha)	充分值 Sufficient value (kg/ha)
P_2O_5 新竹及臺北區冲積土（包括紅壤母質在內）爲代表 Hsinchu & Taipei alluvial (includs red soil material) to be taken as representative					
0～58	85～90	10～15	65～72	300 (249～344)	500 (410～590)
59～200	90～93	7～10	45～65		
200～300	93～95	5±	32～45		
300～400	>95	< 5	20～32		
> 400	—	—	0～20		
紅黃壤 Red (& Yellow) Earth					
<58	62～92	8～38	57～72	200 (127～208)	400 (251～412)
59～115	88～93	7～12	43～57		
116～200	92～95	5～8	21～43		
200～300	>95	< 5	20		
> 300	—	—	0～20		
紅黃壤新水田 New paddy of Red (& Yellow) Earth					
0～23	42～62	38～57	133～150	135	196
24～58	82～84	16～18	106～133		
59～115	88～93	7～12	62～106	到此已和黃紅壤相同 (59～115 to 200～300)	
116～200	92～95	5～8	21～43		
200～300	>95	<5	20		
> 300	—	—	0～20		
K_2O 各種土壤 All soils examined					
0～58	80～97	3～20	56～72	200 (127～208)	400 (251～412)
59～200	88～97	3～12	32～56		
200～300	>95	< 5	20～32		
> 300		—	0～20		

四、討　　論

磷肥效果，一般試驗以水稻一期作較二期作爲佳，蓋因土壤有效磷，氣温低時，釋放緩慢，水稻依靠磷肥較殷，施肥效果乃增。表一各相關係數，多以一期者大於二期者，可能因一期效果較佳之故。相反地，表二鉀之相關係數，二期作者常大於一期作者，亦因二期鉀肥效果較大之故。因二期土壤温度太高，還元物質過量，有礙作物生長，或防礙鉀之吸收。施用鉀肥，可增加土壤可溶性鉀之濃度，以促進水稻對鉀之吸收，或則由此以改進根之生理功能，肥效遂增。

土壤有效鉀之相關，較諸磷之相關，不易獲致，Bear (5) 認爲土壤置換性鉀，時在變動中；Mehlich's 法所測得鉀，雖不全爲置換性，但其所含之置換性鉀部分，如果變動不居，則相關較難獲置，有待加强研究。

土壤磷型態，有Al-P，Fe-P，Ca-P及有機態磷等四種，林家棻試驗玉米（2）對土壤磷之吸收 Al-P 及 Fe-P 之相關較大，Ca-P 之相關則小，水稻亦爲禾本科，可能 Al-P及Fe-P 較爲重要。又陳春泉（3）報告，紅壤新水田磷，以 Fe-P 爲最多，次爲 Al-P，Ca-P 較少，但施過磷酸鈣數次後，Ca-P 大爲增加。又查鹽基性粘板岩冲積土水田肥力測定，Bray's No.1 磷爲〇者，磷肥仍無效果，水稻產量仍佳。故水稻亦吸收 Ca-P 當無疑問。（張守敬博士於十二月中在亞太糧肥技術中心，作物生理及肥料施用討論會中報告，水稻吸收 Fe-P 較多，Al-P 次之，Ca-P 最少。）由是可見，如土壤以含 Al-P 及 Fe-P 爲主時，Bray's No.1 磷之相關係數當較高，若以 Ca-P 爲主時，則此法所測得磷相關係數當較低。故表一中壢系相關係數較高，而水田利用更久之後湖系，相關係數較低。至於表三新水田之相關頗佳，其理自明。紅壤母質冲積土磷之相關較砂頁岩冲積土者爲佳，與此理由，不無關係。

年份與相關係數，由表一及表二所示，55年（1966）相關最差，57年（1968）相關最佳。有者不同年份間，相關與不相關參差互見，此與當年病蟲害發生之情形，關係當最密切，因溼度太大，温度太高時，水稻易遭受紋枯病及稻熱病之爲害。如連續多雨，噴藥效果甚差。倘花期下雨，爲害尤大。又水稻遭受病蟲害，並非全面一致，向風，向陽與其相反位置皆可不同；如花期雨害，處理間發生抽穗有先後者，則各處理被害程度差異尤顯；又如最易發生之紋枯病及稻熱病，生長旺盛者，受害更大，則產量將反低，以致有發生負相關之反常現象；在現有試驗施肥條件下，其解釋爲負相關之關係者，殆不可能！故各試驗區病蟲害之預防，似不宜如過去，委由農民辦理；蓋多數農民，尤其本省北部對試驗未有經驗之農民，知「治」而不重「防」者居多，連「治」都不熱心者，所在多有。故今後試驗，物力與人力之預爲充實，與農民素質之選擇，最爲重要。

表四排水不良土壤，磷及鉀之相關情形均差，足見此種土壤，宜特加注意。

北投土壤，引用沾污硫磺泉之灌溉水，土壤 P_2O_5 雖僅爲 6.0kg/ha，水稻產量百分率一期作爲 97.1%，二期爲99.8%，此特殊土壤，對相關係數之影響極大。

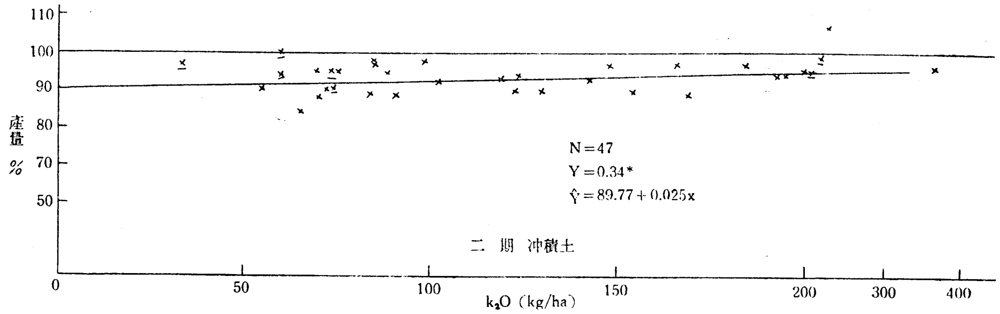
環境因子有所不同之試驗，分開統計時，與合併統計者，結論常有不同，例如表二55年新竹場二期作磷之相關係數，接近1%顯著度，臺北場者則相關甚低、二者合併，其相關亦甚低。如不分開統計，則將失去新竹場之結論。少數試驗地點，可影響試驗之相關情形，例如57年（1968）二期作，新竹加臺北區冲積土，磷之相關不高，僅加三個相關高之紅壤母質冲積土（表一），則具有 N 17 之冲積土全部之相關係數，達到5%顯著度。

因有上述變化，田間土壤肥力測定，除對試驗精確度有關之各方面應予注意外，選地亦屬重要。

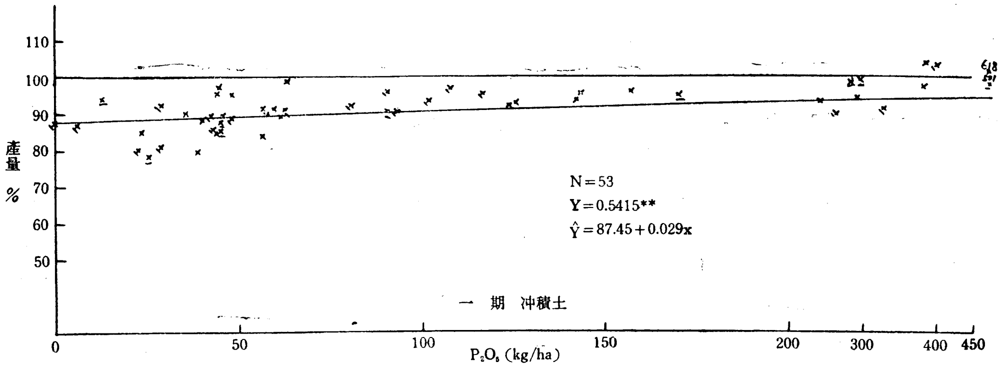
誌謝：本省土壤肥力試驗素蒙農復會及糧食局支持經費並予指導；苗栗以北地區田間試驗承臺北區及新竹區農業改良場協助辦理，工作中承徐所長水泉、萬所長雄及梁主任鉅榮指導，林家棻技正慨供資料，肥力室同仁又多協力，而國內前輩專家指教尤多。文成，復蒙臺灣省土壤肥料學會59年（1970）頒獎，深表謝忱。

附圖：

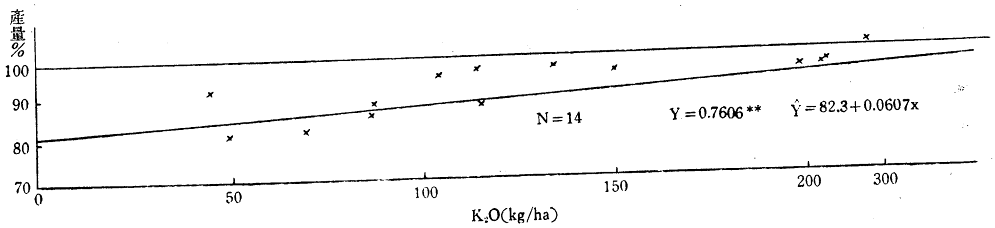
圖一：冲積土鉀與水稻產量百分率之相關



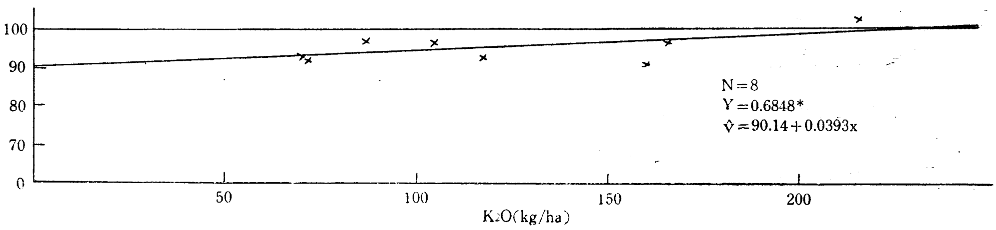
圖二：冲積土磷與水稻，產量百分率之相關



圖三：中壢系土壤有效鉀與水稻產量百分率之相關
二期作

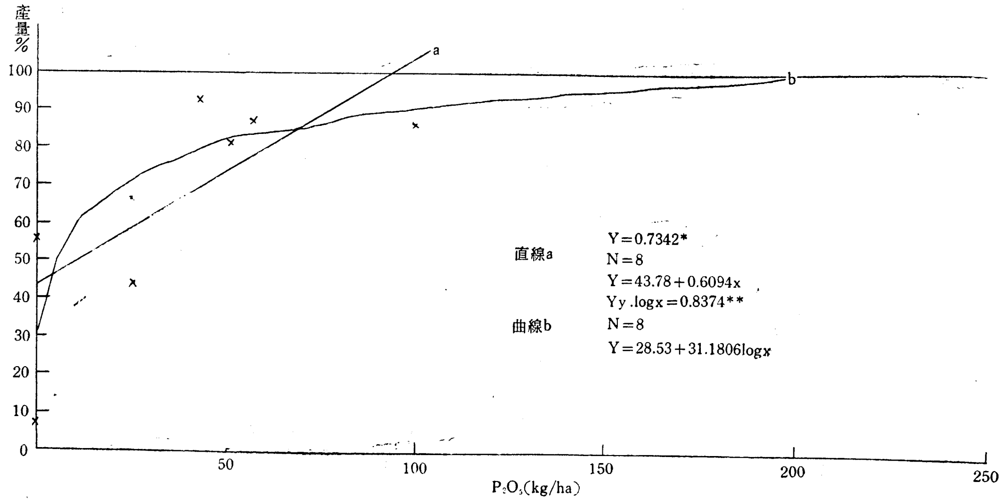


圖四：黃紅壤新水田鉀與水稻產量百分率之相關
一期

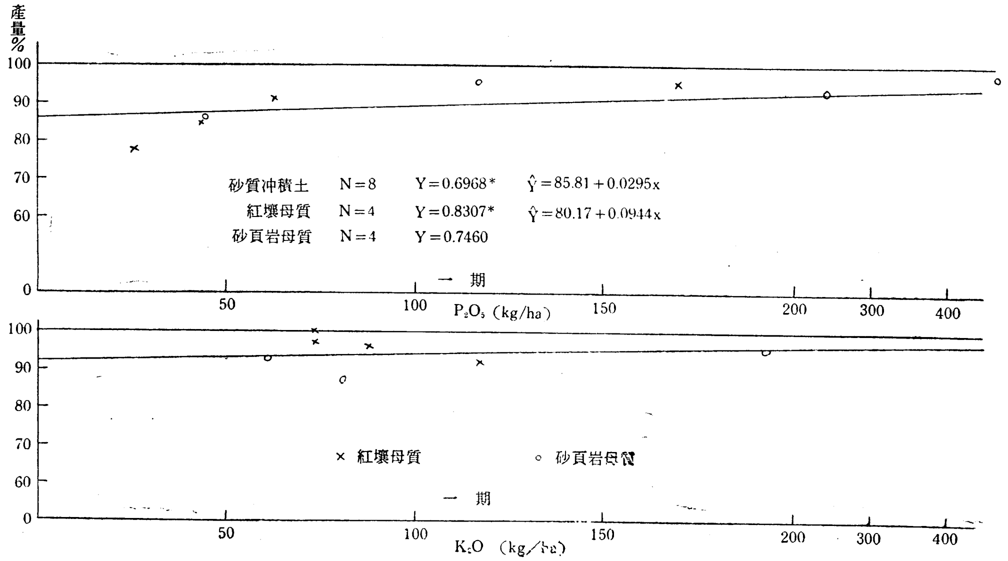


圖五：黃紅 壤新水田有效磷與水稻產量百分率之相關

一 期



圖六：砂質冲積土磷鉀與水稻產量百分率之相關



砂質冲積	N=8	r=0.3878	$\hat{y}=92.54+0.0158x$
砂質岩母質	N=4	r=0.8972	$\hat{y}=87.5+0.0324x$

砂質冲積土

摘　　要

1. 民國55～57三年（1965～68）間在苗栗至臺北，試驗地點有 109 處，依地區及土壤性質分別統計，分析164種相關係數。
2. 土壤以 Bray's No.1 法速測有效磷， Mehlich's 法速測有效鉀，磷鉀與水稻產量百分率之相關，均達顯著標準。

3.紅壤母質冲積土磷之相關比砂頁岩冲積土爲佳。
4.紅黃壤新水田磷之相關較其舊水田爲佳。
5.砂質冲積土，磷鉀相關較易獲致。
6.紅壤中壢系磷及鉀，相關較黃壤後湖系爲佳。
7.以簡單直線相關方程式中之 y 爲100，減去 a ，除以 b ，則得土壤有效磷或鉀之「充分值」，係指此時土壤所含有效磷或鉀，已足供作物吸收。
8.上項磷或鉀之充分值，作爲除數，假定最高施肥量爲 72kg/ha，作爲被除數，則得「肥料當量」值，此值乘以土壤有效要素量，以此量去減72，則得土壤此時所需要之 P_2O_5 或 K_2O 之用量。由此法所得施肥建議量，當能符合實際需要。
9.冲積土、紅黃壤及紅黃壤新水田三者，磷之臨界值，充分值及建議施肥量，互不相同。
10.紅黃壤新水田，紅黃壤及冲積土順序磷肥效果漸降。
11.鉀之相關較磷爲不易獲致。
12.氣候及病蟲害對相關試驗之影響至大，爲值得重視之問題。

參 考 文 獻

1.林家棻　民56年 (1967) 臺灣省農田肥力測定　省農試所報告第28號
2.林家棻　民59年 (1970) 土壤中不同形態磷含量與作物對磷效應之關係　中華農學會報第69期
3.陳春泉　民59年 (1970) 紅壤茶園轉作水田磷礦粉初效及殘效試驗　農林廳臺灣農業季刊六卷一期
4.陳春泉　民51年 (1962) 桃園縣之土壤　臺省農試所報告21號
5. Bear Eirman E., (1964) Chemistry of The Soil Amer. Che. Soc.

STUDY ON THE RESULTS OF EXPERIMENTS ON FERTILITY OF PADDY SOILS IN REGIONS NORTH OF MIAOLI IN TAIWAN

Summary

by

Chen Chun-chuan[2]

1. The experiments were carried out in 1966–1968 in regions north of Miaoli in Taiwan province where soils are strongly acid. The experimental data of 109 locations were collected and soil profiles were examined, and calculation of correlation coefficient were made according to year, crop seasons, regions, soil groups and subgroups due to different soil characteristics and percent yield response of rice.
2. Soil analyses were made by the methods: Bray's No.1 for available phosphorous. Mehlichic method for available potassium. These available nutrients are possitively correlated with percent yield response of rice.
3. Correlation of available phosphorous to percent yield response of rice is better for alluvial of red soil material than that for alluvial of sandstone and shale material.
4. Better correlation between available phosphorous and percent yield response of rice would be expected for new paddy from Dilluvium than that for old paddy from the same origin.

5. Experiment on sandy alluvial soil result in significant correlation between available phosphorus or potassium and yield percent response of rice.
6. Correlation between available potassium and percent yield response of rice is better for Red Earth Chungli series than that for Yellow Earth Houhu series both of which were derived from Dilluvium.
7. It is supposed that in the equation of simple linear correlation, take Y as 100 and $(100-a) \div b$ will be the "sufficient value" of available phosphorous or potassium for the growth of rice on particular soil. It means that at this point no fertilizer is required.
8. Through hundreds of experiments, primary supposition is made that 72 kalograms per hectare of K_2O or P_2O_5 would be sufficient for least available P or K of common soil in Taiwan, and 150 kalograms per hectare of P_2O_5, is required for new paddy field made from Dilluvium. Then, the 72 or 150 divided by "sufficient value" mantioned above equals to kalograms of K_2O or P_2O_5 fertilizer per kalogram of available K_2O or P_2O_5 in the soil to be called "fertilizer equivalence", then, 72(or 150)–fertilizer equivalence × available K_2O or P_2O_5(kg/ha)will be the recommended amounts of fertilizer (kg/ha) of K_2O or P_2O_5 for examined soil. Of course the value 72 and 150 will be subjected to revision by more thorough experiments.
9. Critical value, and sufficient value of available P_2O_5 or K_2O and recommended fertilizer are different among alluvial soils, Red (or Yellow) Earth and new paddy of the latter soils.
10. The effect of phosphorous fertilizer on rice for soils is in the decreasing order as: new paddy of Red (or Yellow) Earth>Red (or Yellow) Earth>alluvial soils.
11. Correlation coefficient is lower for potassium than for phosphorous in the soils studied by the methods adopted.
12. Climate, insects and pests are important factors for correlation coefficient study in the field especially in the subtropical area.